جامعة دمشق - كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية
قسم هندسة الميكانيك العام - قسم هندسة التصميم الميكانيكي و الإنتاج
المادة: الهندسة المدنية

المحاضرة الثالثة
خواص مواد البناء
إعداد:
أ.د جندب محمد زعرور

1-**تعريف مواد البناء الهندسية** : هي اي مادة تدخل في عمل من أعمال الإنشاء، سواء كانت عمرانياً أو صناعياً، ولكل مادة خواص تؤخذ من نصوص المواصفات والمقاييس المعترف بها قانونياً وتنقسم هذه المواد إلى عدة أنواع هي:

1-1 **مواد معدنية:** وتدخل في الصناعة الإنشائية والأجهزة وتنقسم إلى نوعين:

- معادن حديدية وتشمل:

الصلب وحديد الزهر وحديدي المطاوع ، حيث يحضر من الصفائح الفولاذية هياكل المباني الصناعية والمدنية والجسور كما يحضر من الفولاذ حديد التسليح للبيتون المسلح وصفائح الفولاذ المسقوف والأنابيب ومنتجات معدنية مختلفة والمسامير،

وتتمتع المواد المعدنية بصفات جيدة منها: المتانة العالية واللدونة والناقلية العالية للحرارة والكهرباء وإمكانية اللحام، إلا أنه توجدلها صفات سلبية مثل : التآكل تحت تأثير الغازات المختلفة والرطوبة والتشوه الكبير تحت تأثير درجات الحرارة العالية.

- معادن غير حديدية منها الثقيل مثل النحاس ، النيكل، الألمنيوم، والمغنيسيوم ومنها الطري مثل الرصاص والقصدير.

1 - 2**مواد غير حديدية:** وتنقسم إلى نوعين:

- مواد البناء: مثل
  - الأحجار والصخور الطبيعية :والتي تنقسم حسب المنشأ إلى ثلاثة أقسام كبيرة هي (الإندفاعية: الغرانيت والبازلت - الرسوبية: الجبس والمواد الكلسية والغضار - المتحولة:الرخام والغنايس) ، الطوب، الإصفلت والبيتومين.
  - الأسمنت (اهم مادة رابطة مائية تستطيع التصلب في الماء والهواء ويحصل عليه من طحن المادة الناتجة من شوي المزيج من الأحجار الكلسية والغضار، وله ماركات عديدة تعرف بحد المتانة على الضغط وحد المتانة على الإنعطاف مثلا اسمنت ماركة 300 يعني حد متانته على الضغط هي 300 كغ/سم3)،
  - الخشب: تستعمل الأخشاب منذ القدم كمادة مهمة في البناء ، وهذا يعود إلى متانتها العالية وقلة وزنها الحجمي وقلة ناقليتها للحرارة وسهولة شغلها ومقاومتها العالية ضد الصقيع وضد تأثير مواد كيميائية كثيرة ، وللأخشاب أنواع عديدية مثل الصنوبر والشوح والزان والأرز والبلوط .
- مواد متنوعة: مثل البلاستيك ، المطاط ، الفلين والزجاج والأصباغ والمواد العازلة للحرارة و... ،

1-3 **مواد مولدة للطاقة:** مثل الماء والوقود ومواد الطاقة الذرية.

وتعتبر الأرض والغلاف الجوي والمائي هي المصدر الرئيسي للمواد الخام التي يستخرج منها كافة المواد الهندسية.

Scanned by CamScanner

2- الصفات الأساسية لمواد البناء: فيزيائية - كيميائية - ميكانيكية - تكنولوجية

2-1 الصفات الفيزيائية:

1. **الوزن النوعي** : نسبة وزن الحبيبات الصلبة في المادة إلى حجمها المطلق (حجم الأجزاء الصلبة بدون مسامات أو فراغات) غ/سم3(وهي قيم تؤخذ من الجداول)
2. **الوزن الحجمي** : نسبة الوزن الطبيعي للمادة إلى حجمها الكمي الطبيعي (مع الفراغات أوالمسامات) تقاس ب كغم/م3 (وهي قيم تؤخذ من الجداول)
3. **الكثافة** :نسبة المواد الصلبة في المادة – نسبة امتلاء حجم المادة بالمادة الصلبة (الكثافة أقل من الواحد بسبب وجود الفراغات
4. **درجة امتصاص المادة للماء** :نسبة امتصاص الماء أو بخاره والاحتفاظ به إلى وزن المادة الجافة
5. **امتصاص الماء بالتكثف** :امتصاص الماء من بخار الهواء – حرارة – رطوبة – المسامات ونوع المادة
6. **امتصاص الماء** :امتصاص المادة للماء والاحتفاظ به.
7. **درجة طرح المادة للماء** :التخلص من الرطوبة وتقاس رطوبة المادة بال%
8. **الكتامة أو النفوذية** :قدرة المادة على تمرير الماء من خلالها تحت ضغط ثابت وخلال زمن معين
9. **مقاومة الصقيع** :قدرة تحمل المادة المشبعة بالماء لتناوب التجمد والذوبان دون أن تضعف مقاومتيا.
10. **الناقلية الحرارية** :قدرة المادة على نقل الحرارة عبرها(المواد العازلة للحرارة تساعد على تأمين وسط معيشي مناسب .)العوامل المؤثرة :طبيعة وبنية المادة – درجة المسامية – شكل وحجم المسامات(وهي قيم تؤخذ من الجداول.)
11. **مقاومة الحريق** :قدرة المادة على تحمل النار لفترة معينة دون أن تضعف مقاومتها الميكانيكية أي دون نقصان شديد للمتانة.
12. **مقاومة الضوء** :قدرة المادة على عدم تغيير لونها تحت تأثير الظروف المحيطة.

تصنيف مواد البناء يتم بحسب اشتراطات البناء

2-2 الصفات الكيميائية:

1. **التبلور** :تشكيل البلورات من المادة عند التحول من الحالة الغازية أو السائلة إلى الحالة الصلبة.
2. **مقاومة التآكل** :ثبات خواص المادة المختلفة تحت تأثير التآكل الكيماوي.
3. **مقاومة عوامل الطقس** :ثبات خواص المادة المختلفة وشكلها تحت تأثير العوامل الجوية المختلفة
4. **الحرارة الكيماوية** :قابلية ومقدار اكتساب الحرارة ونشرها بفعل التفاعلات الكيماوية.
5. **الإسقاء** :خاصية تتعلق بالفولاذ لزيادة متانته وتغيير خواصه التشغيلية عند معاملته بالحرارة.
6. **التصلب** :زيادة مقاومة المادة للوسط المحيط أو مقاومتها الميكانيكية من خلال عمليات فيزيائية أو كيميائية.
7. **الانحلال** :قدرة المادة على تشكيل محاليل كيماوية متجانسة مع الماء) أو أي محلول آخر)
8. **الترابط** :متانة المادة الناجمة عن قوى الترابط الداخلي بين جزيئاتها.
9. **الالتصاق** :قدرة فصل لمادة عن مادة أخرى عندما تلتصق بها.
10. **الشيخوخة** :تغير خواص المادة بسبب الزمن، وفقدان مزاياها.
11. **مقا ومة التعفن** :خاصة تتعلق بالخشب لمقاومته التفن بفعل الرطوبة أو العوامل البيولوجية أو غيريا.

Scanned by CamScanner

2-3 الصفات الميكانيكية :

1) **المتانة** :مقاومة انهيار أو انكسار المادة تحت إجهادات مختلفة(الشد أو الضغط أو الانعطاف)..

تصنف المواد ميكانيكيا إلى:

- مواد تعمل على الشد
- مواد تعمل على الضغط
- مواد تعمل على الشد والضغط والانعطاف

2) **الاهتراء** :تآكل الطبقة السطحية للمادة بسبب الاحتكاك

3) **المرونة** :قدرة المادة على استرجاع شكلها بعد زوال الإجهاد الذي طبق عليها.

4) **التشوه المرن** :حيث يستعيد النموذج شكله بعد زوال القوة المطبقة

5) **التشوه اللدن** :حيث يحتفظ النموذج بشكله او جزءا منه بعد زوال القوة المطبقة

2-4 الصفات التكنولوجية:

وهي قدرة المادة على تحضير المنتجات منها.

3- أنواع الإختبارات والتجارب (الفحوصات)

3-1- الإختبارات الإتلافية (المخربة): تفقد الإستفادة من المادة بعد إجراء هذه الإختبارات عليها،

3-2- الإختبارات اللاإتلافية: هي اختبارات وفحوصات تجرى على منتجات أو منشآت اكتملت ويلزم عدم إتلاف أي جزء منها. كفحوصات الموجات فوق الصوتية.

وبعد معرفة نتائج الفحص يجب مقارنتها بالمواصفات المطلوبة لتحديد الجودة.

Scanned by CamScanner

4- تعيين الوزن النوعي للرمل في المختبر:

تعريفه هو عبارة عن وزن وحدة الحجم المطلقة بدون مسامات وبدون فراغات، حيث $\gamma = \frac{G}{Va}\ gr/cm^3$

G هو وزن الرمل بالغرام و Va حجم الرمل بال سم3 بدون مسامات وفراغات،

الأجهزة والأدوات اللازمة:

1- فرت تجفيف، -2-ميزان دقيق،-3- ديسيكاتور لتبريد الرمل بدون اكتساب رطوبة من الجو ، -4- سخانة كهرباء أو جهاز تخلية من الهواء،-5- بيكنومتر ، -6- عينة الرمل.

خطوات العمل:

1- نجفف كمية من الرمل في فرن التجفيف بدرجة حرارة 105 -110 درجة مئوية حتى الوزن الثابت ثم نبردها بالديسكاتور،

2- نزن البيكنومتر وهو فارغ(g2) ثم نصب فيه كمية من الرمل بحدود (30غرام) ونزن (g1) ، نصب ماء مقطر في البيكنومتر دون مستوى العلام ثم نغلي الماء لمدة 20 دقيقة (أو نستخدم جهاز التخلية من الهواء لمدة ساعة) ثم نبرد الماء ونصب فوقه ماء حتى العلام بحيث اسفل التقعر يلامس العلام ونزن (g4)

3- نصب محتوى البيكنومتر خارجا ثم ننظفه ونغسله ونضيف ماء مقطر ايضا حتى يلامس اسفل التقعر العلام ونزن (g3) فيكون الوزن النوعي للرمل:

$$\gamma_s = \frac{g_1 - g_2}{\dfrac{g_1 - g_2 + g_3 - g_4}{\gamma_w}}\ Gr/cm3$$

حيث الوزن النوعي للماء هو $\gamma_w = 1$

أحسب قيمة الوزن النوعي للرمل إذا علمت أن:

G2=55.59 gr

G1=85.5 gr

G4= 174.49 gr

G3= 155.59gr

الحل:

$$\gamma_s = \frac{g_1 - g_2}{\dfrac{g_1 - g_2 + g_3 - g_4}{\gamma_w}}$$

$$\gamma_s = \frac{85.5 - 55.59}{\dfrac{85.5 - 55.59 + 155.59 - 174.49}{1}}$$

$$\gamma_s = \frac{997}{367} \approx 2,72\ gr/cm^3$$

4

Scanned by CamScanner

5- تعيين الوزن الحجمي لقطعة بحص:

تعريفه هو عبارة عن وزن وحدة الحجوم في الحالة الطبيعية،

الأجهزة والأدوات اللازمة:

1- فرت تجفيف، -2-ميزان هيدروستاتيكي ،-3- ديسيكاتور ، -4- سخانة كهرباء وبرافين،-5- عينة البحص.

خطوات العمل:

1- نجفف قطعة البحص في فرن التجفيف بدرجة حرارة 105-110 درجة مئوية حتى الوزن الثابت ثم نبردها بالديسكاتور ونزن (g1)

2- نغمس قطعة البحص في البرافين المصهور بعد أن نعلقها بخيط وزنه مهمل ثم نبردها ونزن (g2)،

3- نثبت قطعة البحص المغموسة بالبرافين بخطاف الميزان الهيدروستاتيكي حيث تعلق هذه القطعة ضمن الوعاء اللملوء بالماء بحيث لاتلامس القاع ولا الجوانب حتى يكون الدفع المائي متساو من كافة الجهات لهذه القطعة ونعين وزنها وهي مغمورة بالماء (g3)، فيكون الوزن الحجمي لقطعة البحص: Gr/cm3

$$\gamma_{og} = \frac{g_1}{\left(\frac{g_2 - g_3}{\gamma_w}\right) - \frac{g_2 - g_1}{\gamma_p = 0.97}}$$

حيث $\frac{g_2 - g_3}{\gamma_w}$ هو حجم قطعة البحص مع البرافين حسب دافعة ارخميدس: حجم الجسم الصلب المغمور بالماء = حجم الماء المزاح = وزن الماء المزاح لأن الوزن النوعي للماء يساوي 1 $= \gamma_w$

وزن المادة في الهواء — وزنها في الماء

حجم البرافين المغلف لقطعة البحص هو $\frac{g_2 - g_1}{0,97}$ حيث الوزن النوعي للبرافين هو $\gamma_p = 0.97$

مثال:احسب الوزن الحجمي لقطعة بحص إذا علمت أن:

G1= 28.452 gr
G2= 31.894 gr
G3= 17.630 gr

الحل:

$$\gamma_{og} = \frac{g_1}{\left(\frac{g_2 - g_3}{\gamma_w} - \frac{g_2 - g_1}{\gamma_p = 0,97}\right)}$$

$$= \frac{28.452}{\left(\frac{31.89 - 17.630}{1} - \frac{31.894 - 28.452}{0.97}\right)}$$

$$\gamma_{og} = 2.66\ gr/cm^3$$

Scanned by CamScanner

6- حساب الوزن الحجمي الردمي للرمل أو البحص:

الأجهزة والأدوات اللازمة:

1- اسطوانة أو مكعب معدني، -2-ميزان هيدروتاتيكي ،-3- صفيحة معدنية، -4- مسطرة معدنية ،-

5- عينة الرمل أو البحص.

خطوات العمل:

1- نزن القالب وهو فارغ (g1) ثم نثبت فوق الصفيحة المعدنية بحيث تصنع مع الأفق زاوية 45 درجة وتبعد عن الحافة العلوية للإسطوانة بمقدار 10 سم

2- نصب الرمل أو البحص على الصفيحة فينزل داخل القالب ونستمر بالعمل حتى يمتلئ بالرمل أو بالبحص بما يزيد عن حوافه ثم نزيل الزيادة بمسطرة معدنية ولمرة واحدة بدون رج ونزن (g2)،

3- فيكون الوزن الحجمي للرمل أو للبحص هو

$$\gamma_{os} = \frac{g_2 - g_1}{V}$$

حيث V حجم الرمل أو البحص ب سم3

7- تعيين درجة التراص والمسامية ونسبة الفراغات:

$$d_o = \frac{\gamma_o}{\gamma}$$ درجة التراص

$$P_o = 1 - d_o = 1 - \frac{\gamma_o}{\gamma}$$ المسامية %

Scanned by CamScanner

8- تعيين حد المتانة على الضغط:

الأجهزة والأدوات اللازمة:

1- مكبس هيدروليكي – 2 – مسطرة دقيقة -3- ميزان – 4- عينة بيتونية،

خطوات العمل:

1- نزن العينة (g1) ونقيس أبعادها (V) حجم العينة و (A) مساحة مقطع العينة ونضعها في المكبس الهيدروليكي

2- نزن الحمولة تدريجيا حتى يحدث الإنكسار ونسجل الحمولة الكاسرة (Pmax)

3- نعين حد المتانة على الضغط للبيتون وفق العلاقة:

$$R = \frac{Pmax}{A} \quad Kg / Cm^2$$

4- نعين الوزن الحجمي للبيتون:

$$\gamma_0 = \frac{G}{V} \quad gr / Cm^3$$

9- تعيين عامل الإهتراء:

تعريف: عامل الإهتراء هو عبارة عن الوزن الفاقد بال غرامات الذي يفقده 1 سم2 من السطح المعرض للإهتراء

الأجهزة والأدوات اللازمة:

1- جهاز الإهتراء – 2 – فرن تجفيف -3- ميزان – 4- ديسكاتور،-5- بياكوليس أو مسطرة دقيقة -6- رمل خاص للإهتراء -7- عينة البلاط.

خطوات العمل:

1- نجفف عينة البلاط في فرن التجفيف حتى الوزن الثابت ثم نبردها بالديسكاتور وتتراوح أبعاد البلاطة بين 5*5 سم حتى 7*7 سم

2- نزن العينة (g1) ونقيس أبعادها (الطول والعرض ب سم) ونقيس الارتفاعات ب مم وتؤخذ من الزوايا الأربعة

3- نضع العينة على قرص الجهاز بحيث وجههايلامس سطح القرص ونطبق عليها حمولة (600 gr/cm2) من السطح المعرض للإهتراء.

مثلا إذا كان لدينا عينة بلاط 5*5 سم فإن الحمولة الواجب تطبيقها تكون

$$5*5*600 = 15000 \text{ gr} = 15 \text{ Kg}$$

ولكن الحمولة لاتطبق مباشرة وإنما توضع في صنجة في نهايةذراع طوله 100 سم وتبعد العينة عن المفصل بمقدار 20 سم لذا لايمكن أن تطبق الحمولة 15 كغ في الصنجة وإنما يجب أن ناخذ بعين الإعتبار طول الذراع فيتكون عزم مزدوجة

Scanned by CamScanner

فيمكن أن نحسب الحمولة المكافئة بالطريقة

ق1*ل1=ق2*ل2

15*20=x*100

X+ 15*20/100 = 3 Kg

هو الوزن الذي يجب أن نضعه فوق كفة الميزان في نهاية الذراع والذي يعادل 15 كغ فوق عينة البلاط مباشرة.

نضع الوزن المكافئ في كفة الميزان ونصب 20 غرام من الرمل الخاص بالإهتراء على مسار العينة

4- نشغل الجهاز ونوقفه عندما يدور 110 دورات ثم ندير العينة بمقدار (90 درجة) ونشغل الجهاز من جديد 110 دورات أخرى وهكذا بالأربع جهات بحيث تكون جهة الدوران نفسها في كل مرة مثلا مع اتجاه عقارب الساعة وبعد 440 دورة نستخرج العينة ونزنها (g2) ونقيس ارتفاعات الزوايا الأربعة

5- نحسب عامل الإهتراء من العلاقة:

$$N = \frac{g_1 - g_2}{A}$$

حيث A مساحة السطح المعرض للإهتراء ب سم2

نعين الفاقد بالإرتفاع من العلاقة:

$$\Delta H = H_1 - H_2$$

حيث

H1 وسطي الارتفاعات في الزوايا الأربعة قبل التجربة ب مم

H2 وسطي الارتفاعات في الزوايا الأربعة بعد التجربة ب مم

مثال: احسب N و ΔH، إذا علمت أن $g_1 = 132$ و $g_2 = 106$

و $H_1 = 25,925$ mm و $H_2 = 21,35$ mm والعينة أبعادها (5×5) cm

الحل:

$$N = \frac{132 - 106}{25} = 1,04 \ gr / Cm^2$$

$$\Delta H = H_1 - H_2 = 25.925 - 21.35 = 4.575 \ mm$$

Scanned by CamScanner